

Procesos de estabilización del salvado de arroz colombiano para su aprovechamiento industrial

Édgar M. Vargas S.,* Marisol Aguirre

Departamento de Ingeniería, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Carrera 4 N° 22-61 Módulo 7 A Bogotá D.C., Colombia. *Autor para correspondencia: edgar.vargas@utadeo.edu.co.

Stabilization processes of Colombian rice bran for industrial use

Abstract

This work evaluated the influence of different variables (pH, temperature and enzyme), in the process of stabilization Colombian rice bran (SA). In the first instance, three varieties of rice (Fedearroz 50, 60 and Cimarron Barinas) were characterized in the three stages of industrial grinding. The main idea of this was to know if there were any compositional differences between them so that they could be classified according to their functional and nutritional content. As the SA has a very short lifespan (approximately 6 hours) where it loses much of its quality. Several stabilization processes (thermal, acid and enzymes) were evaluated; the more appropriate will increase the shelf life without affecting the final quality. It was found that the fraction of the first polishing SA contained high concentrations of nutritional and functional compounds, so it is recommended the separation of this polished in the industrial process. Also, we see that the variety of rice bran affects its quality. On the other hand, stabilization processes have been promising, heat treated SA achieved inhibition of the release of free fatty acids for 30 days and demonstrate the conservation of antioxidants (tocopherol and tocotrienol) up to 15 days. Proposed methods for stabilization were consolidated with the design and dimensioning of a plant stabilizer using basic engineering methodologies that may lead to new uses and markets for SA in the pharmaceutical sector, cosmetic and food, which will help generate greater added value to the rice industry.

Keywords: rice bran, stabilization processes, functional properties, nutritional properties.

Editor: Pataquiva A.

Citation: Vargas EM, Aguirre M. (2013) Procesos de estabilización del salvado de arroz colombiano para su aprovechamiento industrial. Revista Mutis. vol. 3 (2) pag. 13-20

Received: July 4, 2013, 2013; **Accepted:** November 15, 2013; **Published on line:** December 15, 2013.

Copyright: ©2013 Vargas, Aguirre. This is an open-access article, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

Competing Interests: The authors have no conflict of interest.

Resumen

Este trabajo evaluó la influencia de diferentes variables (pH, temperatura y enzimas), para el proceso de estabilización del salvado de arroz (SA) colombiano. Primero se realizó la caracterización a los salvados de tres variedades de arroz (Fedearroz 50, 60 y cimarrón barinas) en las tres etapas de pulido industrial y así conocer si existían diferencias composicionales y clasificarlos de acuerdo a su calidad funcional y nutricional. Como el SA tiene vida útil muy corta (aprox. 6 horas),



donde pierde gran parte su calidad, se buscaron y evaluaron procesos de estabilización (térmico, ácidos y enzimas) más adecuados y con esto poder aumentar su vida útil sin afectar la calidad final. Se encontró que la fracción del primer pulido de SA contiene altas concentraciones de compuestos nutricionales y funcionales, por tanto es recomendable la separación de este pulido en el proceso industrial. Además, se comprobó que la variedad de arroz afecta la calidad del salvado. Los métodos propuestos para estabilización se consolidaron con los diseños y dimensionamiento de una planta estabilizadora utilizando metodologías de ingeniería básica que conlleve a nuevos usos y mercados del SA en el sector farmacéutico, cosmetológico y alimenticio, que contribuirá a generar mayor valor agregado a la industria arrocería.

Palabras clave: salvado de arroz, procesos de estabilización, propiedades funcionales, propiedades nutricionales.

Introducción

El arroz es un cultivo social y económicamente importante para el país, siendo el tercer producto agrícola de mayor producción en Colombia después del café y el maíz; este representa el 13 % del área cosechada y el 10 % del total de la actividad agrícola colombiana. Por su parte, el salvado de arroz (SA) es uno de los subproductos más importantes en la producción de este grano y se obtiene por medio del pulido al que se somete después de ser descascarillado y que da como resultado el arroz blanco. En el año 2004 se procesaron alrededor de 2'800.000 Ton/año de arroz paddy seco en Colombia, del cual resultaron aproximadamente 152.000 Ton/año de SA (Fedearroz, 2013). En adición, el precio del SA ronda alrededor de los 500 pesos/kg, y se usa mayormente como insumo para la producción de alimento concentrado para animales (Vargas & Aguirre, 2011).

Sin embargo, el SA es una excelente fuente de minerales, proteínas y aceite comestible de alto valor funcional, debido a que contiene una considerable cantidad de ácidos grasos insaturados como el linolénico, linoléico y oléico (15-20 %p), proteínas (12-16 %p), fibra dietética (23-28 %p), cenizas (7-10 %p), vitaminas como el complejo B y E (el alfa-tocoferol, tocotrienoles y gamma-oryzanol) (Malekian *et al.*, 2000). Por tanto, se adapta a las actuales exigencias en el sector alimen-

ticio donde no solo se busca satisfacer la necesidad de comer sino también proveer una protección o mejoría de la salud del consumidor. Además, los tocoferoles y tocotrienoles exhiben una excelente capacidad antioxidante (Kennedy & Burlingame, 2003, Nicolosi *et al.*, 1993), ya que estos compuestos fitoquímicos son los encargados de proteger los tejidos animales del envejecimiento y del daño provocado por los radicales libres provenientes del medio (Chen & Bergman, 2005); demostrando que estos compuestos tienen potencial para ser utilizados en las industrias farmacéutica y cosmetológica. Por tanto, uno de los objetivos del proyecto fue evaluar la influencia de la variedad y la etapa de pulido en la calidad nutricional del SA, propuesta innovadora al constituirse en el primer estudio formal sobre esta temática en nuestro país.

Debido al proceso de pulimento del arroz, que consiste en quitar el salvado (tegumento y aleurona) del endospermo por medio de rodillos giratorios, el aceite del salvado queda expuesto a las enzimas lipolíticas presentes en este, las cuales actúan como catalizadores de la hidrólisis de triglicéridos de cadena larga y destruyen el enlace éster que une los ácidos grasos con el glicerol (Funatsu *et al.*, 1971). Como resultado de dicha reacción enzimática se producen ácidos grasos libres insaturados (AGLI), los cuales se oxidan por medio de dos mecanismos: la acción enzimática de oxidasas y oxigenasas presentes en el SA y la autooxidación debida a productos generados por el primer mecanismo (Frankel, 1984). Además, los antioxidantes presentes en SA, reaccionan con los radicales libres resultantes de la oxidación de los AGLI y pierden su capacidad antioxidante.

Los procesos de estabilización más adecuados son aquellos donde se atacan directamente las enzimas causantes del deterioro del salvado, se han estudiado muchos procesos de estabilización con tratamientos químicos, calóricos y controlando la humedad de las muestras, los cuales han dado algunos resultados prometedores (Amarasinghe & Gangodavilage, 2004).

Metodología

Caracterización nutricional y funcional del SA

Los parámetros de estudio fueron:

Contenido proteico. Se empleó el método Kjeldahl, el cual permite la estimación del contenido de nitrógeno

total y se utilizó como referencia la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists), método 945.18 –B, modificado.

Humedad. AOAC 930.15. Equipo Metler Toledo HB43-S.

Cenizas. Método oficial 7.009 -AOAC, 1984- modificado.

Fibra dietaria. Método oficial 985.29 -Enzymatic- Gravimetric Method- AOAC 1990.

Contenido graso. Hu *et al.*, 1996, modificado.

Concentración de antioxidantes tocoferoles, tocotrienoles y gamma orizanol por cuantificación HPLC utilizando una columna cromatográfica RP C-18 150 x 4,6 mm, tamaño 5 micrómetros, con un flujo de 1ml/min. Elución isocrática con mezcla acetonitrilo-ácido acético (98:2). Se utilizó un detector LaChrom L 7400 de Merk-Hitachi y longitud de onda de 201 nm (UV) (Vargas & Aguirre, 2011).

Para la evaluación de la influencia de la variedad se tomó el salvado de arroz de tres variedades cultivadas en los departamentos de Tolima y Meta: cimarrón barinas, Fedearroz 50 y Fedearroz 60, las cuales fueron manejadas a nivel de laboratorio en dos etapas de pulido y la llamada mezcla de planta (molino industrial). Para las muestras tomadas directamente de los molinos industriales se evaluaron tres etapas de pulido. La escogencia de dichas variedades corresponde a su importancia en estos departamentos.

Procesos de estabilización

Las metodologías de los procesos de estabilización estudiados fueron:

Proceso térmico. El SA utilizado fue identificado como mezcla de los pulidos de arroz (pulido 1, pulido 2 y pulido 3) donado por el molino Arroz del Llano, proveniente de Villavicencio (Meta), Colombia. Se evaluaron 3 temperaturas escogidas por los autores: 120, 100 y 80 °C. El salvado de arroz fue distribuido en bandejas de 250 g cada una de tal manera que la profundidad de estas no fuera superior a 2 cm. Luego, estas bandejas fueron introducidas en un autoclave (Vertical Pselecta) provisto de vapor saturado a la temperatura deseada a tres diferentes tiempos (3, 5 y 10 min). Posteriormente, el SA estabilizado fue secado (secador por convección forzada, MLW) a 40 °C hasta llegar a una hu-

medad de entre 8,7 %p y 11 %p, ya que es la recomendada para la conservación de harinas a granel. Las variables de respuesta fueron la concentración de ácidos grasos insaturados libres (AGIL), tocoferoles y tocotrienoles a las cuales se les hizo seguimiento a los 0, 15 y 30 días.

Proceso enzimático. El SA utilizado para este análisis fue el resultado de una mezcla de diferentes clases de arroz y distintas etapas de pulido a nivel industrial provenientes de los molinos de Villavicencio (papaína) y Espinal (bromelina). Se tomaron diferentes muestras de SA, cada una de 160 g y se mezclaron con agua en una relación 3:1, 5:1 y 10:1, más 0,16 g de enzima realizando el procedimiento a temperatura ambiente y a 40 °C. Las muestras húmedas de SA, se llevaron a un secador por convección forzada MLW a 40 °C durante 7-8 horas en promedio, hasta que el valor de la humedad se encontrara entre el 8 y el 11 %p (Hammond, 1988). Las variables de respuesta fueron la concentración de ácidos grasos insaturados libres, tocoferoles y tocotrienoles a las cuales se les hizo seguimiento a los 0, 15, 30 y 50 días.

Proceso ácido. El SA fue tomado de la mezcla final de las etapas de pulido (mezcla industrial) de la planta Arroz del Llano ubicada en el departamento del Meta en Colombia. La metodología general consistió en la adición de una solución de ácido a la muestra de SA. La cantidad de solución agregada en ml a cada muestra se fijó según el tipo de ácido empleado (ascórbico) y el pH requerido. Para asegurar la homogeneidad de la muestra, se realizó una mezcla progresiva del ácido con el SA. Después de ser sometido el SA a la adición con las soluciones y verificación de pH, el SA fue secado a 40 °C hasta llegar a una humedad de entre 8,7 %p y 11 %p. Se realizó la cuantificación de ácidos grasos insaturados, tocoferoles, tocotrienoles y γ -orizanol en las muestras con tratamiento y en el blanco, durante un período de tiempo de 0, 15, 30 y 50 días para el ácido ascórbico y blanco.

Análisis estadístico

Todos los datos reportados corresponden al valor medio de tres mediciones; además se realizó un análisis de varianza, Anova multifactorial para una probabilidad $p \leq 0,05$, empleando el paquete estadístico Statgraphics, versión 5.1.

Resultados y Análisis

Caracterización nutricional y funcional del salvado de arroz

Los resultados obtenidos muestran que la distribución de proteínas, fibra dietaria, cenizas, humedad y contenido graso es heterogénea y la mayoría está en una concentración decreciente desde las capas externas hacia el centro de la semilla. Se observa que los mayores contenidos de estos compuestos se encuentran en el primer pulido y que también depende de la variedad del arroz de donde provenga el SA.

La fracción del primer pulido posee altos contenidos de proteína (12-16 %p), fibra dietaria (20-30 %p), contenido graso (19-23 %p) y cenizas (10-13 %p). Se notó una clara disminución en dichos contenidos en el SA en la segunda fracción para cada una de las variedades como se ve en las Tablas 1 y 2; sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas. Se observa que la variedad tiene un efecto en el contenido de proteína, fibra y capacidad antioxidante y que la etapa de proceso influye en el contenido de cenizas.

Tabla 1. Contenido de proteína por variedad para cada una de las etapas de pulido.

Variedad	Proteína g/100 g muestra seca	
	Pulido 1	Pulido 2
Cimarrón bari-nas	17,1 ± 0,57	17,6 ± 1,30
Fedearroz 50	18,4 ± 0,52	15,9 ± 0,20
Fedearroz 60	13,1 ± 0,31	16,9 ± 0,57

Tabla 2. Contenido de fibra dietaria por variedad para cada una de las etapas de pulido.

Variedad	Fibra dietaria g/100 g muestra seca	
	Pulido 1	Pulido 2
Cimarrón barinas	30,0 ± 4,30	30,8 ± 1,96
Fedearroz 50	20,2 ± 4,43	24,4 ± 0,63
Fedearroz 60	19,9 ± 1,31	17,5 ± 0,72

En cuanto a antioxidantes, se determinó que el primer pulido para las variedades estudiadas, posee mayor contenido de tocotrienoles, tocoferoles y gamma orizanol por lo tanto es el de mejor calidad funcional.

En la Figura 1 se puede observar la cuantificación de los tocoferoles y tocotrienoles totales que corresponden a la suma de los isómeros Δ , β + γ , α de tocoferol y tocotrienol, para las muestras obtenidas en cada uno de los pulidos tomados directamente del proceso industrial. Se puede observar que el salvado obtenido en el pulido 1 contiene una cantidad de tocoferoles y tocotrienoles totales significativamente mayor ($p < 0,05$) que en el pulido 2 y en el pulido 3. El isómero γ -orizanol no presentó una diferencia estadísticamente significativa entre el pulido 1, el pulido 2 y el pulido 3.

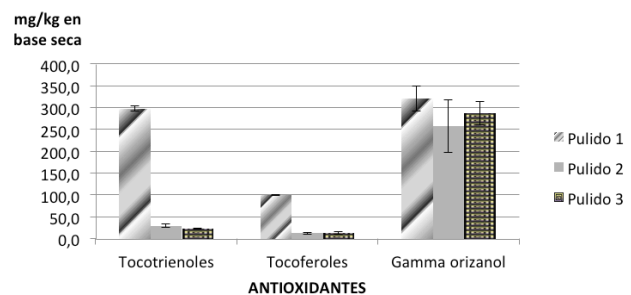


Figura 1. Contenidos totales de tocoferoles, tocotrienoles y gamma orizanol en los diferentes pulidos del proceso.

En la Figura 2 se puede observar la cuantificación de los tocoferoles y tocotrienoles totales junto con la del gamma orizanol. Al sumar los compuestos individuales tanto de tocoferoles como de tocotrienoles se corrobora que la mezcla de planta del molino de Villavicencio tiene una cantidad significativamente mayor de tocoferoles y tocotrienoles ($p < 0,05$). Con respecto a la cuantificación del compuesto gamma orizanol se aprecia una diferencia gráfica, sin embargo el análisis estadístico de los datos permite afirmar que no existe diferencia significativa en el contenido del antioxidante mencionado ($p > 0,05$).

En la Figura 3 se observa la cuantificación de los tocoferoles, tocotrienoles totales junto con γ -orizanol para los pulidos 1 y 2 obtenidos de tres variedades de arroz. Se corrobora que el salvado obtenido en el pulido 1 de cada variedad presenta cantidades significativamente mayores de tocotrienoles y tocoferoles que el pulido 2 de la variedad correspondiente ($p < 0,05$).

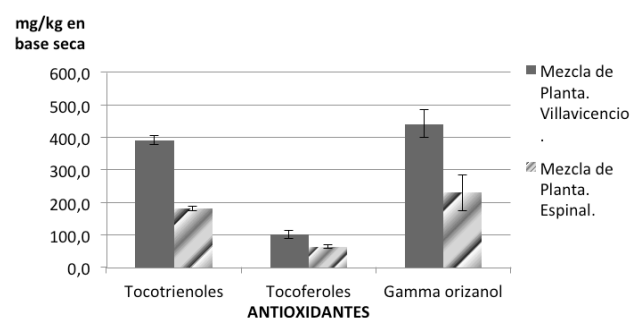


Figura 2. Contenido total de tocoferoles, tocotrienoles y γ -orizanol en las mezclas de planta.

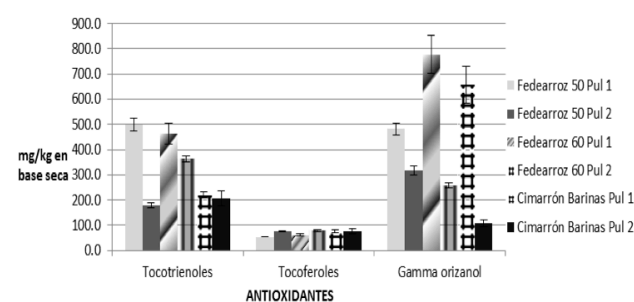


Figura 3. Contenidos totales de tocoferoles, tocotrienoles y γ -orizanol en cada variedad.

Es evidente observar que en el pulido 1 los tocotrienoles se presentan en mayor cantidad que los tocoferoles en cada una de las muestras analizadas por variedad. El γ -orizanol se encuentra en mayor cantidad en el pulido 1 de cada muestra, las variedades Fedearroz 60 pulido 1 y cimarrón barinas pulido 1, son las que presentan mayor contenido de este antioxidante que las demás ($p < 0,05$).

Proceso de estabilización térmica. Con respecto al tiempo inicial para el tratamiento a 100°C , se presentaron diferencias en la concentración de los AGIL, en comparación con el blanco de aproximadamente 4 veces más de estos ácidos, lo que se aprecia en la Figura 4. Este fenómeno fue menos severo que el de 120°C y puede ser atribuido a la menor temperatura y humedad de la muestra evaluada. Para los tiempos de muestreo 15 y 30 días, se vio cómo los AGIL permanecieron casi constantes (acercándose a una pendiente de cero de la concentración de AGIL); lo que fue confirmado al realizar el análisis estadístico Anova para los diferentes tiempos de muestreo, evidenciando que no existen diferencias significativas con respecto a la liberación de AGIL ($p = 0,4969$; $\alpha = 0,05$).

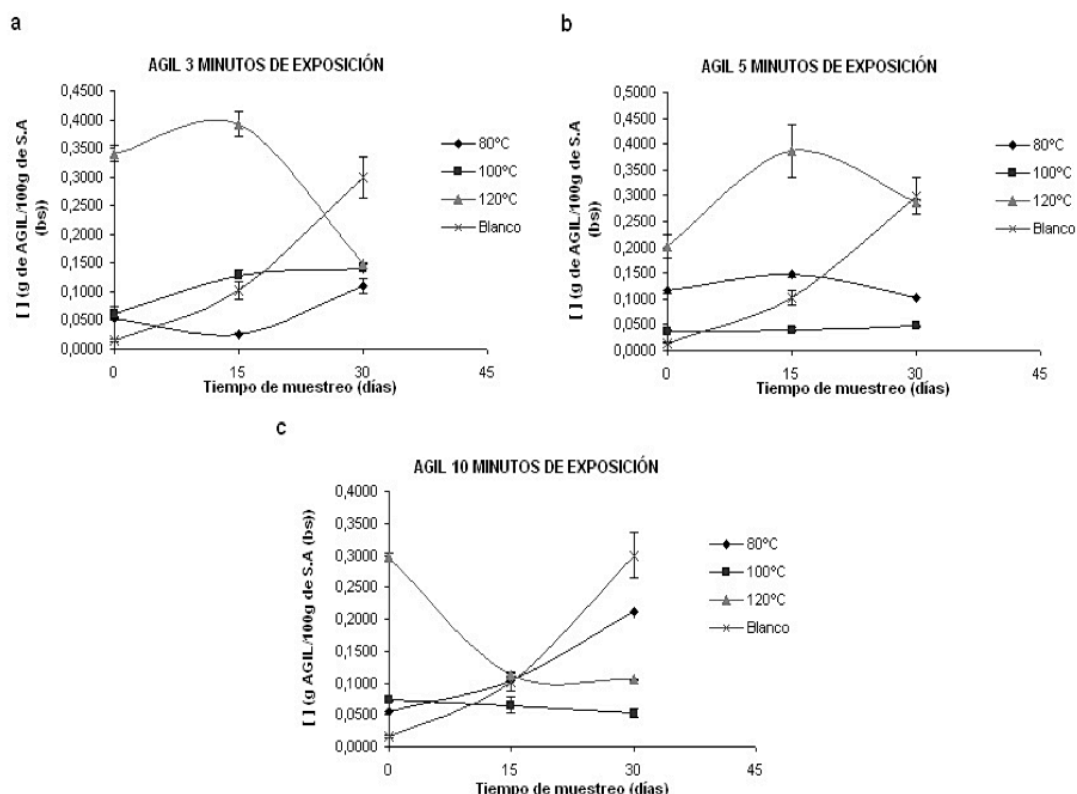


Figura 4. Comportamiento de las muestras expuestas a diferentes temperaturas y a diferentes tiempos de exposición para los AGIL. a, b y c.

Con respecto al tiempo inicial para el tratamiento a 100 °C, se presentaron diferencias en la concentración de los AGIL, en comparación con el blanco de aproximadamente 4 veces más de estos ácidos. Este fenómeno fue menos severo que el de 120 °C y puede ser atribuido a la menor temperatura y humedad de la muestra evaluada. Para los tiempos de muestreo 15 y 30 días, que es el tiempo que se deja la muestra al ambiente, se vio cómo los AGIL permanecieron casi constantes (acercándose a una pendiente de cero de la concentración de AGIL); lo que fue confirmado al realizar el análisis estadístico Anova para los diferentes tiempos de muestreo, evidenciando que no existen diferencias significativas con respecto a la liberación de AGI ($p=0,4969$; $\alpha=0,05$).

Para el tiempo de exposición al calor húmedo se evidenció un $p=0,1414$ ($\alpha=0,05$), lo cual permite asegurar que el efecto del tiempo de exposición (3, 5 y 10 min) no fue significativo, por lo tanto, la estabilización a 3 minutos de exposición con el tratamiento térmico es recomendada.

El grado de estabilidad del salvado de arroz generado a la condición de 100 °C puede ser atribuido a la desnaturalización de las enzimas (lipasas I y II, lipoxigenasas), ya que a temperaturas mayores a 80 °C las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria sufren efectos de ruptura de enlaces generados por los puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y puentes salinos (Barber & Benedito, 1987).

Proceso de estabilización enzimática. Los resultados obtenidos en el tratamiento con papaína indicaron que el salvado no se estabilizó en las condiciones establecidas, ya que la cantidad de ácidos omega libres de las muestras tratadas fueron mayores que las del blanco con el tiempo, y además, no hubo una clara conservación de los antioxidantes.

Proceso de estabilización ácida. Se trabajó la acidificación de SA con ácido ascórbico (poder antioxidante) como forma de estabilización mediante inhibición enzimática (Tao, 2001). Se evaluaron dos niveles de pH escogidos por los autores (3,6 y 4,2) y una muestra control (blanco), contando con un pH de 6,2 el cual corresponde al valor normal a condiciones ambientales. La medición de la estabilidad del SA se llevó a cabo mediante la determinación de la conservación a través del tiempo (0, 25 y 50 días) de los ácidos grasos insaturados libres, tocoferoles y tocotrienoles,

su cuantificación se obtuvo mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). La Figura 5 presenta los resultados obtenidos para la concentración de AGIL.

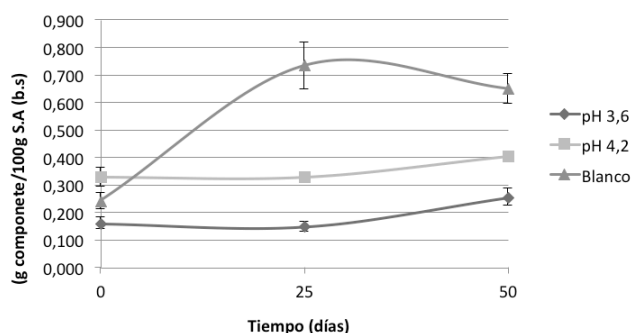


Figura 5. Concentración en masa del componente AGIL a través del tiempo. (b.s = base seca).

Se puede notar que los tratamientos tuvieron un efecto estabilizante sobre la matriz de SA ya que las concentraciones de AGIL se encuentran por debajo del blanco. Además, el tratamiento realizado a un nivel de pH 3,6 presenta el mejor comportamiento ya que la concentración de AGIL es menor y constante en el tiempo; lo que muestra la estabilización obtenida por dicho tratamiento. Esto sugiere una mayor afectación de la enzima lipasa a un nivel de pH más bajo, pues al haber mayor cantidad de iones disponibles la ionización residual enzimática genera un cambio en la conformación del sitio activo de la enzima y su estructura (desnaturalización enzimática parcial) (Conn *et al.*, 2001).

Diseño de planta de estabilización térmica para el salvado de arroz colombiano

Al comprobar que los resultados más satisfactorios se han obtenido implementando tratamientos térmicos con calor húmedo añadiendo agua en forma de vapor, se propone la creación de una planta que estabilice el SA mediante este método. El proceso se inicia inyectando vapor saturado a 100 °C en contacto directo con el producto por tres minutos. Posteriormente el salvado de arroz es transportado por un tornillo sinfín con camisa de vapor por otros dos minutos. Finalmente el salvado pasa por un proceso de secado hasta reducir su humedad al 11 % y almacenarlo posteriormente.

La planta de estabilización que se plantea consta principalmente de 3 equipos: unidad inactivadora 1, unidad inactivadora 2 y secador. El salvado de arroz que se obtiene de los molinos tiene una condición de temperatura de 30 °C y humedad del 11 %p. Este es cargado en una tolva dosificadora que alimenta la unidad inactivadora 1 que se ve en la Figura 6. Para garantizar la homogeneidad de la mezcla, una transferencia de calor efectiva y permitir un proceso continuo, se hace uso de un tornillo transportador que se encuentra dentro del equipo estabilizador. Se deben adecuar inyectores de vapor que alimentan el vapor saturado a 100 °C proveniente de una caldera. El tiempo de residencia en este equipo es de dos minutos, en los que el salvado aumenta su temperatura de 30 a 100 °C y su humedad del 11 al 19 %p. El salvado que sale de la unidad inactivadora 1 cae por gravedad a la unidad inactivadora 2 que se ve en la Figura 7, similar a la anterior (con tornillo transportador incluido), pero con una camisa de vapor en lugar de inyectores. El vapor proviene de la misma caldera que alimenta el vapor a la unidad inactivadora 1.

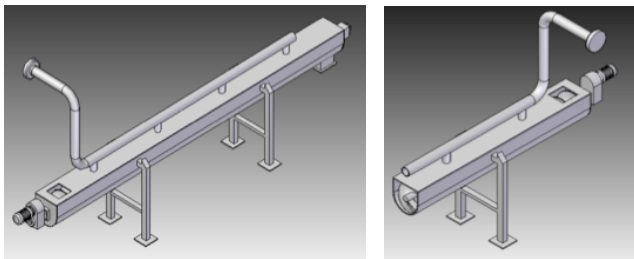


Figura 6. Esquema 3D de la unidad inactivadora 1.

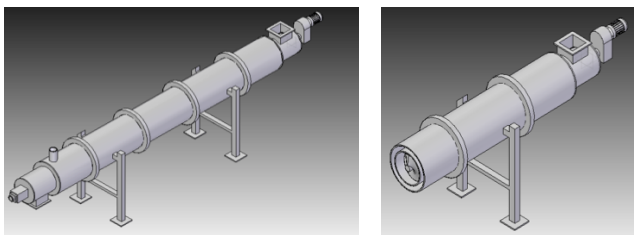


Figura 7. Esquema 3D de la unidad inactivadora 2.

Para el almacenamiento es necesario que el salvado estabilizado se encuentre con una humedad por debajo del 12 %p. Para alcanzar entonces este nivel de humedad se debe realizar un proceso de secado.

Conclusiones

Se caracterizó salvado de arroz colombiano proveniente de los departamentos del Tolima y Meta de las variedades cimarrón barinas, Fedearroz 50 y Fedearroz 60; se encontró que el SA obtenido en la primera etapa de pulido tiene contenidos de proteína, fibra dietaria y antioxidantes (tocoferoles, tocotrienoles y orizanol) muy superiores a los obtenidos en los otros pulidos, por lo tanto tiene mayor valor nutricional y funcional (mayor valor comercial).

Se encontró que los procesos de estabilización térmica y ácida inhibieron la acción de las enzimas (oxidasas y oxigenasas) presentes en el SA y conservaron sus propiedades funcionales y nutricionales.

Se diseñó una planta de proceso mas continuo para estabilizar salvado de arroz, utilizando calor seco y húmedo; la cual costa de tres equipos principales, dos unidades inactivadoras (calor seco y calor húmedo) y una unidad de secado (aire caliente).

Agradecimientos

Al proyecto “Estabilización y usos potenciales del salvado de arroz colombiano para su aprovechamiento industrial sin afectar su calidad nutricional y funcional” financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Contrato 176-2008B3477-3243), Andi - Cámara de Induarroz, la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y a cada uno de los estudiantes, profesionales y profesores que participaron en este trabajo.

Referencias

- Amarasinghe, B. M. W. P. K., & Gangodavilage, N. C. (2004). Rice bran oil extraction in Sri Lanka: Data for process equipment design. *Food and bioproducts processing*, 82(1), 54-59.
- Barber, S. & Benedito, B. (1987). *El salvado de arroz una materia prima subutilizada*. Instituto de agroquímica y tecnología de alimentos. España: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Chen, M. H., & Bergman, C. J. (2005). A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ -orizanol contents. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18:139-151.

- Conn, E., Stunpf, P., Bruening, G., & Doi, R. (2001). *Bioquímica fundamental*. México: Limusa.
- Frankel (1984). En. Lipid oxidation: Mechanisms, products and biological significance. *Journal of American Oil Chemists Society*. 61:1908-1916.
- Funatsu, M., Aizono, Y., Hayashi, K., Watanabe, M., & Eto, M. (1971). Biochemical Studies on Rice Bran Lipase. Part I: Purification and Physical Properties. *Agricultural and Biological Chemistry*. 35:734-742.
- Hammond N. A. (1988). inventors; Bran-Tec, Inc, titular. *Method for Stabilizing Rice Bran and Rice Bran Products*. US Patent 5.753.283. May 12.
- <http://www.fedearroz.com.co/rev.html>. Consultado en 2013.
- Kennedy, G., & Burlingame, B. (2003). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*. 80:589-596.
- Malekian, F., Ramu, M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W., Windhauser, M., & Ahmedna, M. (2000). Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. *Bulletin*. 870:1-69.
- Nicolosi, R. J., Rogers, E. J., Ausmann, L. M., & Orthoefer, F. T. (1993). Rice bran oil and its health benefits. *Rice science and technology*. 421-431.
- Tao, J. (2001). *Method of stabilization of rice bran by acid treatment and composition of same*. US Patent 6.245.377 B1. June 2001.
- Vargas, E. M., & Aguirre, M. (2011). *El salvado de arroz: procesos de estabilización y usos potenciales en la industrial colombiana*. Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.